

English translation of WO 2005/019878

Optical Imaging Device having at least one System Diaphragm

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The invention relates to an optical imaging device, in particular an objective for semiconductor lithography, having at least one system diaphragm, the system diaphragm comprising a multiplicity of mobile plates.

2. Description of the Related Art

The use of various types of diaphragms as system diaphragms in optical imaging devices is widely known. The delimitation of ray bundles by diaphragms is very important for carrying out the optical imaging. Diaphragms can influence or vary the diameter of the ray bundle. The optical imaging quality of the optical imaging device can thereby be substantially influenced and improved.

In semiconductor lithography optical systems, it is known to use iris diaphragms with a flat diaphragm plane. It may, however, be necessary for delimitation of the ray path to be provided for the different aperture widths at different positions along the optical axis. This has already been done by existing diaphragms, as explained below.

For example, DE 199 55 984 A1 discloses a diaphragm in which, beyond a certain aperture width, a further flat plate assembly delimits the ray path in a second position. The diaphragm comprises at least two diaphragms arranged at an axial distance from one another. A different diaphragm is respectively optically active as a function of the aperture diameter of the system diaphragm.

DE 199 55 984 A1 furthermore discloses a diaphragm whose plate assembly can be displaced along the optical

axis. The plates are arranged between two rings mobile in rotation relative to each other, at least one of the rings being rotationally mobile. The plate assembly is respectively displaced or moved parallel in the axial direction.

DE 199 55 984 A1 also discloses a diaphragm whose plates are arranged in a conical fashion. The optically effective edge of the diaphragm can therefore be moved, for example over a conical peripheral surface or over a peripheral surface of a spherical cap shape. The plates arranged rotationally symmetrically with respect to the optical axis of the system diaphragm therefore move with a linear or semicircular dependency between the aperture diameter and the axial position in the light path of the imaging device. The disadvantage of such an arrangement is that the cone angle is greatly limited, and the ray path cannot therefore follow the optimal shape of a sphere. Added to this, there are significant friction problems which are caused by bending of the elastic plates.

WO 02/31870 discloses a projection system with aperture diaphragms, the aperture diaphragms being arranged in the vicinity of the pupil plane. At least one of the aperture diaphragms can be modified in its aperture diameter and moved in the axial direction.

It is likewise known from the previously disclosed solutions, for instance from DE 199 55 984 A1, that such diaphragms in lithography objectives contain rolling or sliding bearings. For example, the rotational bearing axes of the plates are mounted in a sliding or rolling fashion and/or the drive element, which moves the plates, is mounted in a sliding or rolling fashion and/or there are sliding or rolling bearings at the force drive point of the plates. Each of such bearings within a lithography objective then constitutes a problem. Sliding or rolling friction can create particles which contaminate the objective and therefore greatly

compromise the imaging quality. Lubrication inside the objective can furthermore be highly problematic, although even unlubricated bearings represent a high risk as regards operating reliability.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is therefore an object of the present invention to provide a system diaphragm for delimiting the ray path in an optical imaging device, which resolves the disadvantages of the prior art and can be used in a small installation space, with virtually no friction of the plates occurring so as to avoid contamination on optical surfaces.

According to the invention, the object is achieved by the features of claim 1.

The inventive system diaphragm of an optical imaging device comprises spherically curved plates which are rotatably mounted. The rotational bearing axes of the plates are preferably directed at the center of curvature of a sphere, which in turn also determines the spherical curvature or shape of the plates. It is therefore possible for the light-determining edge of the system diaphragm to be moved along a spherically shaped plane when opening and closing. It is therefore possible to form a system diaphragm which, for different aperture widths and different positions along an optical axis of an optical imaging instrument, for example a projection objective, follows a curve which corresponds to a sphere and can enter or insert from the installation space into the cap of a sphere. When there is a small installation space, such a system diaphragm according to the invention can therefore be introduced into the concave surface of a mirror, a lens or a very narrow intermediate space between two lenses.

In a particularly preferred configuration, the plates are arranged mobile in an overlapping fashion on two

spherical surfaces, whose centers of curvature are identical, in which case the two spherical surfaces preferably have a very small mutual separation A .

The system diaphragm comprises plates whose surfaces do not bear directly on one another, as in the diaphragms known from the prior art, but instead they are respectively arranged alternatively and with a spacing A of a few millimeters, preferably $A < 1$ mm, on two spheres. The contactless closing and opening of the plates with respect to one another offers an enormous advantage because no friction, which might for example contaminate the projection objective with the resulting particles, occurs between two "contiguous" plates. There is furthermore no wearing of the plates used in the system diaphragm. The use of individually mounted plates thus affords the opportunity to make them, for example, from ceramic such as SISIC (reaction bonded silicon infiltrated silicon carbide). This in turn has very advantageous properties in respect of the system diaphragm. The plates can therefore be made lightweight and very stiff, and likewise produced in any desired shape.

In a preferred configuration of the invention, the plates are furthermore each rotationally mounted on the rotational bearing axis by means of solid state articulations in order to rotate the plates, the plates being movable by means of a drive ring, the drive ring being mounted rotatably about an optical axis via solid state articulations.

Parts to be moved in rotation are not mounted by sliding or rolling bearings, as is known from the prior art, but instead by solid state articulations according to the invention. With solid state articulations, small displacement distances can be achieved by elastic deformation of a resilient element. This offers substantial advantages, such as no sliding or rolling friction. It is therefore not possible, as when sliding or rolling bearings are used, for particles to be depos-

ited on optical surfaces of optical imaging instruments and substantially impair the imaging quality. Another advantage is that solid state articulations can be computationally registered very accurately. Lubricants, which might possibly cover the surfaces of the optical elements and damage them, are therefore unnecessary.

Exemplary embodiments of the invention will be explained in more detail below with reference to the drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 shows an outline representation of an arrangement of a system diaphragm according to the invention in a concave surface of an optical element;

Figure 2 shows an outline representation of an arrangement and embodiment of a plate of the system diaphragm according to the invention;

Figure 3 shows an outline representation of an arrangement of a plurality of plates of the system diaphragm;

Figure 4 shows a perspective representation of the system diaphragm according to the invention, the plates being mounted via solid state articulations;

Figure 5 shows an outline representation of the system diaphragm with the representation of a plate drive;

Figure 6 shows an outline representation of one way of aligning the rotational bearing axes of the plates;

Figure 7 shows an outline representation of an alter-

native way of aligning the rotational bearing axes of the plates;

Figure 8 shows an outline representation of one way of measuring during the alignment of the rotational bearing axes of the plates;

Figure 9 shows an outline representation of an alternative way of measuring during the alignment of the rotational bearing axes of the plates; and

Figure 10 shows an outline representation of an alternative embodiment of the system diaphragm according to the invention.

DETAILED DESCRIPTION

Figure 1 shows how in an optical imaging device PL represented in outline and only partially, for example an objective for semiconductor lithography, a system diaphragm 1 according to the invention (here represented only by dashes) can be introduced into a concave surface of an optical element 2 so as to provide delimitation of the ray path at different positions along an optical axis 3 for different aperture widths in a space-saving way. The optical imaging device PL is designed as an objective for use in semiconductor lithography. R_s denotes the radius of the system diaphragm 1 which, for example, is encountered when the system diaphragm 1 is fully closed. R_e is the radius of that surface of the optical element 2 which corresponds with the surface of the system diaphragm 1.

Figure 2 represents a detail of the system diaphragm 1 according to the invention in outline, only one plate 4 being represented in cross section. The plate 4 is designed spherically in its curvature. A bearing 5, which is configured as a rotational bearing, is provided on the plate 4. The rotational bearing 5 has a rotational

bearing axis 6 which is directed very accurately at a center of curvature C of a sphere 7, which is generated by the plate shape of the plate 4. Owing to the spherical configuration of the plate 4 and the alignment of the rotational bearing axis 6 with the center of curvature C, the plate 4 can now move in a spherical surface. The center of curvature C of the sphere 7 therefore corresponds to the middle of the optimal diaphragm surface.

Figure 3 represents a detail of the system diaphragm 1 with three plates 4 in outline. A single plate 4, however, is not capable of delimiting the ray path circularly. A certain number of plates 4 are usually necessary for this, which approximately describe a circle by their light-determining edges. Preferably, from eight to ten plates 4 may be used here for the circular ray path delimitation. It is of course also possible to use a greater or lesser number. With the plates already known from the prior art, it can be seen that they fully overlap when the diaphragm is being used. This, of course, must also be ensured in the system diaphragm 1 according to the invention.

By using individually mounted plates 4, not all the plates 4 being mounted in a plane, it is possible to make them from a material with high stiffness, for example ceramic, preferably SISIC (reaction bonded silicon infiltrated silicon carbide). This, in particular, has significant advantages since the plates 4 are lightweight and very stiff, and can be produced in any desired shape. The stiffness of the plates 4 can advantageously prevent the plates 4 from hanging down under their own weight, and consequently avoid contact between individual plates 4. Overlap of the individual plates 4 is therefore possible only if the plates 4 lie in two spherical surfaces 7 and 7', which are represented here by dashes, with a very small spacing A from one another. Care should also be taken that the rotational bearing axes 6 of the plates 4 are directed at

the center of curvature C and the spheres 7 and 7' likewise have their center of curvature at C.

In order now to produce unique delimitation of the ray path, the plates 4 should move synchronously and the rotation axes or rotational bearing axes 6 of the rotational bearings 5, as already mentioned, should be aligned very accurately with the center of curvature C. The spacing A between the two spheres 7 and 7' should be kept as small as possible, for example only a few mm, preferably $A < 1$ mm, while nevertheless ensuring absence of contact between the plates 4 when closing and opening the system diaphragm 1. This may advantageously be done by arranging the rotational bearings 5 with their rotational bearing axes 6 alternating in the direction of the center of curvature C and oppositely, as can be seen clearly in Figure 3.

Figure 4 represents the system diaphragm 1 according to the invention in a perspective view. The system diaphragm 1 according to the invention makes it possible to rotate or move the plates 4 by using solid state articulations 8, and to adjust the diaphragm aperture 9 without the use of rolling or sliding bearings.

Figure 5 represents the system diaphragm 1 of Figure 4 in more detail. The plates 4 are rotationally mounted on their rotational bearing axis 6 by means of the solid state articulations 8, which can be seen clearly in Figure 4. For example, cross-spring articulations may be used as solid state articulations 8 for this. The solid state articulations 8 can be computationally registered very accurately. If the load on the solid state articulations 8 does not exceed the long-term strength of the material, then the risk of such solid state articulations 8 failing is very low. Metal materials may be used for the solid state articulations 8, although care should be taken that the materials are UV-resistant. A drive ring or a synchronization ring 10 can be rotated through a few degrees about the optical

axis 3 in the arrow direction by a hermetically sealed lever which extends outward. The drive ring 10 itself is mounted by means of solid state articulations 11 which are radially stiff and soft in the rotation direction. A drive element 12 is monolithic with the drive ring 10. The drive element 12 is connected to the plate 4 on the rotational bearing axis 6 of the plate 4. If the drive ring 10 is now moved about the optical axis 3, then the drive element 12 with the plate 4 rotates about the plate axis or rotational bearing axis 6. The solid state articulations 11 deform elastically, so that the drive torque increases.

Since the drive ring 10 is monolithic with the drive element 12 and has to rotate about the optical axis 3 for closing and opening the plates 4, solid state articulations 11' are likewise provided between the drive element 12 and the drive ring 10. The solid state articulation 11' may be formed as a single leaf spring. This, of course, does not constitute any restriction to one type of solid state articulation. The drive ring 10 should be made of a material which has a high stability under alternating load, so that the risk of failure remains low.

A drive unit 10' drives the drive ring 10, in a manner which is not represented in detail. The drive unit 10' may, for example, be a cam gear, an eccentric, a linear motor or a piezo motor, although this list is not meant to imply any limitation.

The drive unit 10' for moving the plates 4 is arranged outside a gas space G. The gas space G may be filled with various gases, for example helium or nitrogen. The drive unit 10' with moving parts subject to friction is replaceable while the system not exposed to friction, mounted only via solid state articulations 8, 11 and 11', is arranged in the optical gas space G. Arranging the drive unit 10' outside the gas space G is a significant advantage, since no contaminating substances

can therefore be deposited on the optical surfaces.

Such mounting of the plates 4 with solid state articulations 8, 11 and 11' may of course also be used for diaphragm systems which move in a plane, and is not meant to be restricted merely to a diaphragm whose light-determining edge follows a spherical surface.

One way of aligning the rotational bearing axes 6 with the center of curvature C is to suspend the rotational bearing 5 in a diaphragm 13, as represented in cross section by Figure 6. The suspension has a lower bearing element 14 and an upper bearing element 14'. The rotational bearing axis 6 lies between the bearing elements 14 and 14'. The diaphragm 13 is provided between the bearing elements 14, 14' and the plate 4. In order to align the rotational bearing axis 6 with the center of curvature C, the lower bearing element 14 may be set with the aid of adjusting screws 15. The diaphragm 13 is thus used as a ball joint. For example, three adjusting screws 15 arranged at 120° from one another may be used for the setting. By setting the adjusting screws 15 on the lower bearing element 14, it is thus possible to align the rotational bearing axis 6 accurately with the center of curvature C.

Another way of adjusting the rotational bearing axis 6 with respect to the center of curvature C is to use a kinematic system. This is schematically represented in Figure 7. Here, the rotational bearing 5 with its rotational bearing axis 6 is suspended on a solid state articulation 16. The solid state articulation 16 may be designed as a quadruple articulation. Holding elements 17 for holding the solid state articulation 16 are provided on the upper part of the solid state articulation 16. Owing to the advantageous use of a quadruple articulation, the swiveling movements of the rotational bearing 5 can be used in order to adjust the rotational bearing axis 6. Such kinematics are particularly suitable when one direction of the axis, in the exemplary

embodiment the x axis, may be loosened because of manufacturing tolerances on the holding elements 17. Movement in the y direction is therefore sufficient. Kinematics represent another alternative when the kinematics or the rotational bearing 5 are made rotatable about the z axis. This is readily possible with a clamping instrument.

Figures 8 and 9 show schematically represented measuring methods for when the rotational bearing axes 6 of the plates 4 are being aligned with the center of curvature C. A first option is provided by a tactile measuring method, as represented in Figure 8. Here, it is important for the spherically designed plate 4 to be produced very accurately. The sphere may therefore be analyzed, for example, with 2 milatron scanners 18. The exact radius of the spherical surface of the plate 4 can then be determined. With the plate 4 still arranged correctly with respect thereto in space, it is therefore possible to determine the center of curvature C directly. With the aid of the sphere, it is furthermore possible to align a tool with a reference plane and with a rotation axis. Like the plate 4, the tool has a spherical shape. The plates 4 are placed against this prefabricated shape and suctioned or held by other fastening methods. The prefabricated shape is then aligned with the reference plane and the rotational bearing axis 6. After alignment, the plates 4 can therefore be measured up with the aid of the tool or prefabricated shape and positioned at the correct place. The advantage of tactile measurement is that it can be readily implemented with a mechanical tool, and that the mechanical tool is reusable. It is furthermore relatively inexpensive compared with other measuring methods.

Figure 9 shows another schematic representation of an optical measuring method for aligning the rotational bearing axes 6 of the plates 4. The plate 4 is likewise held by a prefabricated shape or instrument here, so that the plate 4 is tiltable or movable. In order to be

able to measure the center of curvature C directly in this case, a small recess H is made in the form of a hole in the plate 4 or in the bearing 5. With the aid of a laser beam 19, which passes through the small recess H, a point can be imaged on a screen 20. In order to define the center of curvature C, it is necessary for a laser beam 19 to pass through all the plates 4 or rotational bearings 5 so as to obtain imaging points on the screen 20. The imaging points should as far as possible give a small point cloud which lies close to the center of curvature C. If all the imaging points form the such a small point cloud, then the center of curvature C is determined using the optical measuring method. The optical measuring method is substantially more accurate than the tactile measuring method.

The stiff, comparatively thick plates 4 which are individually mounted and thus fixed in space, may also be replaced by extremely thin plates 4', as represented in outline in Figure 10. Here, however, it is important for the plates 4' to be laminated. In this inventive possibility of configuring a system diaphragm 1', the plates 4' are likewise designed spherically in their curvature, and here again rotational bearing axes 6' of rotational bearings 5' must likewise be aligned with the center of curvature C of the sphere. A diaphragm system known from the prior art, which comprises an inner ring with a stationary axis, and an outer ring with a grooved ring and pins, may be provided for guiding the plates 4'. In order to guide the plates 4', both the stationary ring and the moving grooved ring are provided with a spherical surface. The advantage of this embodiment of the system diaphragm 1' is that there is a more accurate light-determining edge.

Very accurate maintenance of the spherical surface of the plates 4 and 4' is necessary in both variants or options for designing the system diaphragms 1 and 1'. Especially in the laminated variant according to Figure 10 with the thin plates 4', it would otherwise be nec-

essary to cope with intolerable friction effects. In particular, the method of "electrolytic deposition" on a shaped body is suitable for producing such plates 4 and 4'.

What Is Claimed Is:

1. An optical imaging device, in particular an objective for semiconductor lithography, having at least one system diaphragm, the system diaphragm (1) comprising a multiplicity of mobile plates (4, 4') which are rotatably mounted, characterized in that the plates (4, 4') have a spherical curvature.
2. The optical imaging device as claimed in claim 1, characterized in that rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') are aligned with a center of curvature (C) of a sphere (7), and the sphere (7) determines a surface on which the plates (4, 4') are mobile relative to one another.
3. The optical imaging device as claimed in claim 1, characterized in that the plates (4) are arranged mobile in an overlapping fashion on two spherical surfaces (7, 7'), whose centers of curvature (C) are identical.
4. The optical imaging device as claimed in claim 3, characterized in that the two spherical surfaces (7, 7') have a mutual separation A of a few millimeters, preferably $A < 1$ mm.
5. The optical imaging device as claimed in claim 1, characterized in that the plates (4) have a high stiffness.
6. The optical imaging device as claimed in claim 2, characterized in that the plates (4) are each rotationally mounted on the rotational bearing axis (6) by means of solid state articulations (8) in order to rotate the plates (4).

7. The optical imaging device as claimed in claim 1, characterized in that the plates (4) are movable by means of a drive ring (10), the drive ring (10) being mounted rotatably about an optical axis (3) via solid state articulations (11, 11').
8. The optical imaging device as claimed in claim 7, characterized in that the solid state articulations (11, 11') are designed as solid state articulations (11, 11') which are radially stiff and soft in the rotation direction.
9. The optical imaging device as claimed in claim 7, characterized in that the drive ring (10) is respectively connected to a plate (4) via a drive element (12).
10. The optical imaging device as claimed in claim 9, characterized in that the drive element (12) is connected to the drive ring (10) via a solid state articulation (11').
11. The optical imaging device as claimed in claim 7, characterized in that the drive ring (10) is monolithic with the drive element (12).
12. The optical imaging device as claimed in one of claims 7, 9, 10 and 11, characterized in that the drive ring (10) is formed by a material which has a high stability under alternating load.
13. The optical imaging device as claimed in one of claims 1 to 9, characterized in that a drive unit (10') for moving the plates (4, 4') is arranged outside a gas space (G).

14. The optical imaging device as claimed in one of claims 2 and 6, characterized in that rotational bearings (5, 5') with the rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') are respectively suspended in a diaphragm (13), the rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') being alignable with the center of curvature (C).
15. The optical imaging device as claimed in claim 14, characterized in that control members (15) are provided for aligning the rotational bearing axes (6, 6').
16. The optical imaging device as claimed in one of claims 2 and 6, characterized in that the rotational bearings (5, 5') with the rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') are respectively suspended on a solid state articulation (16), the rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') being alignable with the center of curvature (C).
17. The optical imaging device as claimed in claim 16, characterized in that the solid state articulation (16) is designed as a quadruple articulation.
18. The optical imaging device as claimed in one of claims 14 and 16, characterized in that tactile or optical measuring methods are provided for measurement when aligning rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4').
19. A diaphragm having a multiplicity of mobile plates, the plates (4, 4') having a spherical curvature and being rotationally mounted, rotational bearing axes (6, 6') of the plates (4, 4') being aligned with a center of curvature (C) of a sphere (7), and the sphere (7) determining a surface on which the plates (4, 4') are mobile relative to one another.

20. The variable system diaphragm as claimed in claim 21, characterized in that the plates (4, 4') are arranged mobile in an overlapping fashion on two spherical surfaces (7, 7'), whose centers of curvature (C) are identical.
21. The diaphragm as claimed in claim 22, characterized in that the two spherical surfaces (7, 7') have a mutual separation A of a few millimeters, preferably $A < 1 \text{ mm}$.

Abstract:

An optical imaging device (PL), in particular an objective for semiconductor lithography, is provided with at least one system diaphragm. The system diaphragm comprises a multiplicity of mobile plates, which are rotatably mounted. The plates have a spherical curvature.

Figure 2

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. März 2005 (03.03.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/019878 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 5/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2004/007186**

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2004 (02.07.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
103 35 215.5 1. August 2003 (01.08.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]**; Carl-Zeiss-Str.
22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BIEG, Hermann**
[DE/DE]; Faber du Faur Str. 2, 73433 Aalen (DE).

HUBER, Martin [CH/CH]; Bahnhofstr. 26, CH-5000
Aarau (CH). **HENZELIN, François [CH/CH]**; Rue des
Fontenattes 12, CH-2926 Boncourt (CH). **BISCHOFF,**
Thomas [DE/DE]; Adenauerstr. 4, 73433 Aalen (DE).
GELLRICH, Bernhard [DE/DE]; Schnaitbergstr. 3,
73434 Aalen (DE). **SZEKELY, Gerhard [CH/CH]**; Herb-
stweg 26, CH-8050 Zürich (CH). **NGUYEN, Uy-Liem**
[GB/CH]; Zelgweg 26, CH-5405 Baden (CH).

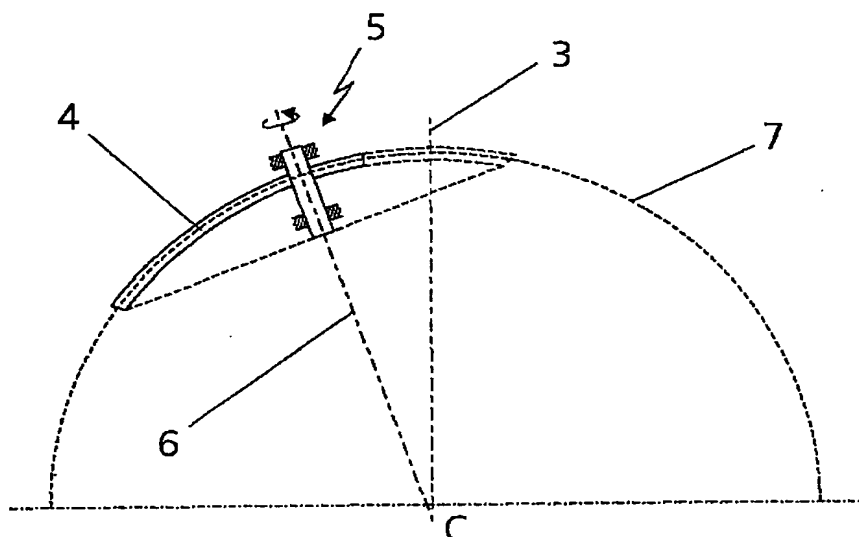
(74) Anwalt: **LORENZ, Werner**; Alte Ulmer Str. 2, 89522
Heidenheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): **AB, AG, AL,**
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **OPTICAL IMAGING DEVICE COMPRISING AT LEAST ONE SYSTEM DIAPHRAGM**

(54) Bezeichnung: **OPTISCHE ABBILDUNGSVORRICHTUNG MIT WENIGSTENS EINER SYSTEMBLENDE**



(57) Abstract: Disclosed is an optical imaging device (PL), particularly a lens for semiconductor lithography, comprising at least one system diaphragm (1, 1'). Said system diaphragm (1, 1') is provided with a plurality of movable lamellae (4, 4') that are rotatably mounted. The lamellae (4, 4') have a spherical curvature.

(57) Zusammenfassung: Eine optische Abbildungsvorrichtung (PL), insbesondere Objektiv für die Halbleiterlithographie, ist mit wenigstens einer Systemblende (1,1') versehen. Die Systemblende (1,1') weist eine Vielzahl von bewegbaren Lamellen (4,4') auf, welche drehbar gelagert sind. Die Lamellen (4,4') weisen eine sphärische Krümmung auf.

WO 2005/019878 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) *Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):* ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten* AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,

KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Optische Abbildungsvorrichtung mit wenigstens einer
Systemblende

Die Erfindung betrifft eine optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Halbleiterlithographie, mit wenigstens einer Systemblende, wobei die Systemblende eine Vielzahl von bewegbaren Lamellen aufweist.

Der Einsatz von verschiedenartigen Blenden als Systemblenden in optischen Abbildungsvorrichtungen ist allgemein bekannt. Die Strahlenbündelbegrenzung durch Blenden hat für die Realisierung der optischen Abbildung große Bedeutung. Durch Blenden kann der Durchmesser des Strahlenbündels beeinflusst bzw. variiert werden. Dadurch kann die optische Abbildungsqualität der optischen Abbildungsvorrichtung wesentlich beeinflusst und verbessert werden.

In optischen Systemen der Halbleiterlithographie werden bekanntermaßen Irisblenden mit einer ebenen Blendenebene eingesetzt. Es kann jedoch die Notwendigkeit bestehen, dass eine Begrenzung des Strahlengangs an unterschiedlichen Positionen entlang der optischen Achse für die unterschiedlichen Öffnungsweiten vorgesehen werden muss. Dies ist bereits durch existierende Blenden, wie nachfolgend aufgeführt, gelöst.

So ist beispielsweise aus der DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, bei der ab einer bestimmten Öffnungsweite ein weiteres ebenes Lamellenpaket den Strahlengang an einer zweiten Position begrenzt. Die Blende weist dabei wenigstens zwei mit einem axialen Abstand zueinander angeordnete Blenden auf. In

Abhängigkeit des Öffnungsdurchmessers der Systemblende ist jeweils eine andere Blende optisch aktiv.

Des weiteren ist aus DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, deren Lamellenpaket entlang der optischen Achse verschoben werden kann. Hierbei sind die Lamellen zwischen zwei rotatorisch relativ zueinander beweglichen Ringen angeordnet, wobei wenigstens einer der Ringe rotatorisch bewegbar ist. Dabei wird jeweils das Lamellenpaket parallel in axialer Richtung verschoben bzw. bewegt.

Weiterhin ist ebenfalls aus der DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, deren Lamellen in einer kegelförmigen Weise angeordnet sind. Dadurch kann die optisch wirksame Kante der Blende auf beispielsweise einer Kegelmantelfläche oder auf einer Mantelfläche einer Kugelkalottenform verfahren werden. Die rotationssymmetrisch zu der optischen Achse der Systemblende angeordneten Lamellen bewegen sich somit in einer linearen oder halbkreisförmigen Abhängigkeit zwischen dem Öffnungsdurchmesser und der axialen Lage in dem Lichtweg der Abbildungsvorrichtung. Der Nachteil einer derartigen Anordnung besteht darin, dass der Kegelwinkel stark begrenzt ist, und somit der Strahlengang nicht der optimalen Form einer Sphäre folgt. Außerdem kommen erhebliche Reibungsprobleme, welche durch die Wölbung der elastischen Lamellen verursacht werden, hinzu.

In der WO 02/31870 ist ein Projektionssystem mit Aperturblenden offenbart, wobei die Aperturblenden in Nähe der Pupillenebene angeordnet sind. Wenigstens eine der Aperturblenden kann im Öffnungsdurchmesser verändert und in axialer Richtung

bewegt werden.

Ebenso ist aus den bisher bekannten Lösungen, wie auch aus der DE 199 55 984 A1, bekannt, dass derartige Blenden in Lithographieobjektiven Wälz- oder Gleitlager enthalten. Hierbei sind beispielsweise die Drehachsen der Lamellen gleit- oder wälzgelagert, und/oder das Antriebselement, welches die Lamellen bewegt, gleit- oder wälzgelagert, und/oder sind am Kraftantriebspunkt der Lamellen Gleit- oder Wälzlager vorhanden. Dabei stellt jedes dieser derartigen Lager innerhalb eines Lithographieobjektives ein Problem dar. Durch Gleit- oder Rollreibung können Partikel entstehen, die das Objektiv kontaminieren und somit die Abbildungsqualität sehr beeinträchtigen. Des weiteren kann eine Schmierung im Objektivinnenraum sehr problematisch werden, wobei aber ungeschmierte Lager ein hohes Risiko, was die Betriebssicherheit anbelangt, darstellen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Systemblende in einer optischen Abbildungsvorrichtung zur Begrenzung des Strahlengangs zu schaffen, die die Nachteile des Standes der Technik löst, welche in einem geringen Bauraum einsetzbar ist, und wobei nahezu keine Reibung der Lamellen auftritt, um so Kontaminationen auf optischen Flächen zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Systemblende einer optischen Abbildungsvorrichtung weist sphärisch gekrümmte Lamellen auf, welche

drehbar gelagert sind. Vorteilhafterweise sind die Drehlagerachsen der Lamellen auf den Krümmungsmittelpunkt einer Kugel gerichtet, die wiederum auch die sphärische Krümmung bzw. Form der Lamellen bestimmt. Somit ist es möglich, dass die lichtbestimmende Kante der Systemblende entlang einer sphärisch ausgebildeten Ebene beim Öffnen und Schließen verfährt. Es kann nun dadurch eine Systemblende konstruiert werden, die bei unterschiedlichen Öffnungsweiten und unterschiedlichen Positionen entlang einer optischen Achse einer optischen Abbildungseinrichtung, beispielsweise einem Projektionsobjektiv, eine Kurve abfährt, die einer Kugel entspricht und vom Bauraum her in die Kugel hinein tauchen bzw. hineinfahren kann. Somit kann bei Vorhandensein eines kleinen Bauraumes eine derartige erfindungsgemäße Systemblende in die hohle Fläche eines Spiegels, einer Linse oder eines sehr schmalen Zwischenraumes zwischen zwei Linsen eingebracht werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Lamellen auf zwei sphärischen Flächen, deren Krümmungsmittelpunkte identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind, wobei vorteilhafterweise die beiden sphärischen Flächen einen sehr geringen Abstand A zueinander aufweisen.

Die Systemblende weist Lamellen auf, deren Flächen nicht direkt aufeinanderliegen, wie bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Blenden, sondern sie werden auf zwei Kugeln jeweils abwechselnd und in einem Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$ angeordnet. Durch ein berührungsloses Schließen und Öffnen der Lamellen untereinander kommt

es zu einem enormen Vorteil, es tritt nämlich keine Reibung zwischen zwei "aufeinanderliegenden" Lamellen auf, welche beispielsweise durch dadurch entstehende Partikel das Projektionsobjektiv kontaminieren kann. Des weiteren kommt es zu keinem Verschleiß der eingesetzten Lamellen in der Systemblende. Durch die Verwendung der einzeln gelagerten Lamellen eröffnet sich somit die Möglichkeit, diese beispielsweise aus Keramik, wie beispielsweise SISIC (reaktionsgebundenes siliciuminfiltriertes Siliciumcarbid), herzustellen. Dies hat wiederum sehr vorteilhafte Eigenschaften im Bezug auf die Systemblende. Die Lamellen können somit leicht und sehr steif hergestellt und ebenfalls in jeder beliebigen Form ausgeführt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist weiterhin vorgesehen, dass zur Verdrehung der Lamellen die Lamellen jeweils an der Drehlagerachse mittels Festkörpergelenke drehgelagert sind, wobei die Lamellen mittels eines Antriebsringes bewegbar sind, wobei der Antriebsring über Festkörpergelenke drehbar um eine optische Achse gelagert ist.

Rotatorisch zu bewegendende Teile werden nicht durch Gleit- oder Wälzlager, wie aus dem Stand der Technik bekannt, gelagert, sondern erfindungsgemäß durch Festkörpergelenke. Mit Festkörpergelenken können kleine Verfahrswege durch elastische Verformung eines Federelementes realisiert werden. Daraus ergeben sich wesentliche Vorteile wie keine Gleit- und Rollreibung. Somit können sich keine Partikel so wie beim Einsatz von Gleit- oder Wälzlagern auf optischen Flächen von optischen Abbildungseinrichtungen absetzen und die Abbildungsgüte wesentlich verschlechtern. Des weiteren ist ein Vorteil, dass

Festkörpergelenke rechnerisch sehr genau erfasst werden können. Schmierstoffe, die evtl. auf die Oberflächen der optischen

Elemente gelangen und diese beschädigen können, sind nicht erforderlich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung einer erfindungsgemäßen Systemblende in einer Hohlfläche eines optischen Elementes;

Figur 2 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung und Ausführung einer Lamelle der erfindungsgemäßen Systemblende;

Figur 3 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung von mehreren Lamellen der Systemblende;

Figur 4 eine perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Systemblende, wobei die Lamellen über Festkörpergelenke gelagert sind;

Figur 5 eine prinzipmäßige Darstellung der Systemblende mit Darstellung eines Lamellenantriebes;

Figur 6 eine prinzipmäßige Darstellung einer Möglichkeit zur Ausrichtung von Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 7 eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Möglichkeit zur Ausrichtung von Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 8 eine prinzipmäßige Darstellung einer Möglichkeit zum Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 9 eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Möglichkeit zum Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen der Lamellen; und

Figur 10 eine prinzipmäßige Darstellung einer Alternativausführung der erfindungsgemäßen Systemblende.

Figur 1 zeigt wie in einer prinzipmäßig und nur ausschnittsweise dargestellten optischen Abbildungsvorrichtung PL, z.B. einem Objektiv für die Halbleiterlithographie, eine erfindungsgemäße Systemblende 1 (hier nur gestrichelt dargestellt) in eine Hohlfläche eines optischen Elements 2 eingebracht werden kann, um somit auf platzsparende Weise eine Begrenzung des Strahlenganges an unterschiedlichen Positionen entlang einer optischen Achse 3 für unterschiedliche Öffnungsweiten zu gewährleisten. Die optische Abbildungsvorrichtung PL ist als Objektiv für den Einsatz in der Halbleiterlithographie ausgebildet. Hierbei ist mit R_s der Radius der Systemblende 1 aufgezeigt, welcher beispielsweise bei vollständiger Schließung der Systemblende 1 vorliegt. R_s ist der Radius der Flä-

che des optischen Elementes 2, welche korrespondierend zur Fläche der Systemblende 1 ist.

In Figur 2 ist prinzipmäßig ein Ausschnitt der erfindungsgemäßen Systemblende 1 aufgezeigt, wobei hier nur eine Lamelle 4 im Querschnitt dargestellt ist. Die Lamelle 4 ist sphärisch in ihrer Krümmung ausgebildet. An der Lamelle 4 ist ein Lager 5 vorgesehen, welches als Drehlager ausgestaltet ist. Das Drehlager 5 weist eine Drehlagerachse 6 auf, welche sehr genau auf einen Krümmungsmittelpunkt C einer Sphäre 7 gerichtet ist, welche durch die Lamellenform der Lamelle 4 erzeugt wird. Durch die sphärische Ausgestaltung der Lamelle 4 und der Ausrichtung der Drehlagerachse 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C kann sich nun die Lamelle 4 in einer sphärischen Fläche bewegen. Der Krümmungsmittelpunkt C der Sphäre 7 entspricht somit dem Mittelpunkt der optimalen Blendenfläche.

In Figur 3 ist prinzipmäßig ein Ausschnitt der Systemblende 1 mit drei Lamellen 4 dargestellt. Eine einzelne Lamelle 4 ist jedoch noch nicht in der Lage den Strahlengang kreisförmig zu begrenzen. Dafür ist üblicherweise eine gewisse Anzahl von Lamellen 4 notwendig, die durch ihre lichtbestimmenden Kanten annähernd einen Kreis beschreiben. Vorzugsweise können hier acht bis zehn Lamellen 4 zur kreisförmigen Strahlengangbegrenzung eingesetzt werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, eine höhere oder eine geringere Anzahl zu verwenden. Bei den bereits aus dem Stand der Technik bekannten Lamellen ist zu erkennen, dass sich diese bei Benutzung der Blende vollständig überlappen. Dies muss selbstverständlich auch bei der erfindungsgemäßen Systemblende 1 gewährleistet werden.

Durch die Verwendung von einzeln gelagerten Lamellen 4, wobei nicht alle Lamellen 4 in einer Ebene gelagert sind, ist es möglich, diese aus einem Material mit hoher Steifigkeit, wie beispielsweise Keramik, vorzugsweise SISIC (reaktionsgebundenes siliciuminfiltriertes Siliciumcarbid), herzustellen. Dies hat insbesondere dahingehend Vorteile, dass die Lamellen 4 leicht und sehr steif sind und in jeder beliebigen Form hergestellt werden können. Durch die Steifigkeit der Lamellen 4 kann vorteilhafterweise ein Herunterhängen der Lamellen 4 durch Eigengewicht und folglich Berührung einzelner Lamellen 4 vermieden werden. Eine Überlappung der einzelnen Lamellen 4 ist somit nur möglich, wenn sich die Lamellen 4 in zwei sphärischen Flächen 7 und 7', welche hier gestrichelt dargestellt werden, mit einem sehr geringen Abstand A zueinander befinden. Hierbei sollte wieder darauf geachtet werden, dass die Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4 zum Krümmungsmittelpunkt C gerichtet sind und die Sphären 7 und 7' ebenfalls ihren Krümmungsmittelpunkt in C besitzen.

Um nun eine eindeutige Begrenzung des Strahlenganges zu erzeugen, sollten sich die Lamellen 4 synchron bewegen und die Rotationsachsen bzw. Drehlagerachsen 6 der Drehlager 5, wie bereits erwähnt, sehr genau auf den Krümmungsmittelpunkt C ausgerichtet sein. Der Abstand A zwischen den beiden Sphären 7 und 7' sollte so klein wie möglich gehalten werden, z.B. nur wenige mm, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, aber dennoch eine Berührungslosigkeit der Lamellen 4 beim Schließen und Öffnen der Systemblende 1 gewährleisten. Vorteilhafterweise kann dies dadurch bewerkstelligt werden, dass die Drehlager 5 mit ihren Drehlagerachsen 6 abwechselnd in Richtung des Krüm-

mungsmittelpunktes C und entgegengesetzt, wie deutlich in Figur 3 erkennbar, angeordnet werden.

In Figur 4 ist in perspektivischer Ansicht die erfindungsgemäße Systemblende 1 dargestellt. Die erfindungsgemäße Systemblende 1 gestattet es, durch Einsatz von Festkörpergelenken 8 eine Drehung bzw. Bewegung der Lamellen 4, und damit eine Verstellung der Blendenöffnung 9, ohne Einsatz von Wälz- bzw. Gleitlagern, zu ermöglichen.

In Figur 5 ist die Systemblende 1 aus Figur 4 näher dargestellt. Die Lamellen 4 sind an ihrer Drehlagerachse 6 mittels den Festkörpergelenken 8, welche in Figur 4 deutlicher erkennbar sind, drehgelagert. Hierfür können beispielsweise Kreuzfedergelenke als Festkörpergelenke 8 eingesetzt werden. Die Festkörpergelenke 8 sind rechnerisch sehr genau erfassbar. Liegt die Belastung der Festkörpergelenke 8 innerhalb der Dauerfestigkeit des Materials, ist das Ausfallrisiko von derartigen Festkörpergelenken 8 sehr gering. Für die Festkörpergelenke 8 können metallische Werkstoffe eingesetzt werden, wobei darauf geachtet werden sollte, dass die Werkstoffe UV-beständig sind. Ein Antriebsring oder auch Synchronisationsring 10 kann durch einen hermetisch abgedichteten, nach außen geführten Hebel wenige Grad um die optische Achse 3 in Pfeilrichtung gedreht werden. Der Antriebsring 10 selbst ist mittels radial steifen und in Drehrichtung weichen Festkörpergelenken 11 gelagert. Ein Antriebselement 12 ist monolithisch mit dem Antriebsring 10. An der Drehlagerachse 6 der Lamelle 4 ist das Antriebselement 12 mit der Lamelle 4 verbunden. Wird nun der Antriebsring 10 um die optische Achse 3 bewegt, dreht sich das Antriebselement 12 mit der Lamelle 4 um die

Lamellenachse bzw. Drehlagerachse 6. Die Festkörpergelenke 11 verformen sich elastisch, wobei dadurch das Antriebsmoment steigt.

Da der Antriebsring 10 monolithisch mit dem Antriebselement 12 ist und um die optische Achse 3 zur Schließung und Öffnung der Lamellen 4 gedreht werden muss, sind ebenfalls Festkörpergelenke 11' zwischen dem Antriebselement 12 und dem Antriebsring 10 vorgesehen. Das Festkörpergelenk 11' kann als einzelne Blattfeder ausgeführt werden. Selbstverständlich stellt dies keine Einschränkung auf eine Art von Festkörpergelenk dar. Der Antriebsring 10 sollte aus einem Material gebildet sein, welches eine hohe Wechsellastfestigkeit aufweist, damit das Ausfallrisiko sehr gering bleibt.

Eine Antriebseinheit 10' treibt den Antriebsring 10 in nicht näher dargestellter Weise an. Die Antriebseinheit 10' kann beispielsweise ein Kurvengetriebe, einen Exzenter, einen Linearmotor oder einen Piezomotor darstellen, wobei diese Nennung keine Einschränkung darstellen soll.

Die Antriebseinheit 10' ist zur Bewegung der Lamellen 4 außerhalb eines Gasraumes G angeordnet. Der Gasraum G kann mit verschiedenem Gas, wie beispielsweise Helium oder Stickstoff, gefüllt sein. Die Antriebseinheit 10' mit reibenden beweglichen Teilen ist auswechselbar, während das nichtreibende, nur über Festkörpergelenke 8, 11 und 11' gelagerte System im optischen Gasraum G angeordnet ist. Die Anordnung der Antriebseinheit 10' außerhalb des Gasraumes G ist dahingehend von Vorteil, dass sich somit keine Kontaminationssubstanzen auf den optischen Oberflächen absetzen können.

Eine derartige Lagerung der Lamellen 4 mit Festkörpergelenken 8, 11 und 11' kann selbstverständlich auch für Blendensysteme eingesetzt werden, welche in einer Ebene verfahren und sollte sich nicht nur auf eine Blende beschränken, deren lichtbestimmende Kante einer sphärischen Fläche folgt.

Eine Möglichkeit zur Ausrichtung der Drehlagerachsen 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C ist eine Aufhängung des Drehlagers 5 in einer Membrane 13, wie in Figur 6 im Querschnitt dargestellt. Die Aufhängung weist ein unteres und ein oberes Lagerelement 14 und 14' auf. Zwischen den Lagerelementen 14 und 14' befindet sich die Drehlagerachse 6. Das Membran 13 ist zwischen den Lagerelementen 14, 14' und der Lamelle 4 vorgesehen. Zur Ausrichtung der Drehlagerachse 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C kann das untere Lagerelement 14 mit Hilfe von Justage-Schrauben 15 verstellt werden. Das Membran 13 wird somit als Kugelgelenk genutzt. Beispielsweise können zur Verstellung dreimal 120° angeordnete Justage-Schrauben 15 eingesetzt werden. Durch Verstellung der Justage-Schrauben 15 an dem unteren Lagerelement 14 kann somit die Drehlagerachse 6 genau auf den Krümmungsmittelpunkt C ausgerichtet werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Justage der Drehlagerachse 6 zum Krümmungsmittelpunkt C ist die Verwendung eines kinematischen Systems. Dies ist in Figur 7 schematisch dargestellt. Hierbei wird das Drehlager 5 mit seiner Drehlagerachse 6 an einem Festkörpergelenk 16 aufgehängt. Das Festkörpergelenk 16 kann als Viergelenk ausgebildet sein. Halteelemente 17 sind zur Halterung des Festkörpergelenks 16 am oberen Teil des Festkörpergelenkes 16 vorgesehen. Durch den vorteilhaften Einsatz

eines Viergelenkes können die Schwenkbewegungen des Drehlagers 5 dazu genutzt werden, um die Drehlagerachse 6 zu justieren. Eine derartige Kinematik ist besonders geeignet, wenn eine Richtung der Achse, im Ausführungsbeispiel die x-Achse, durch Fertigungstoleranzen an den Halteelementen 17 gelöst werden kann. Damit ist eine Bewegung in y-Richtung ausreichend. Eine weitere Alternative stellt die Kinematik dar, wenn die Kinematik bzw. das Drehlager 5 um die z-Achse drehbar gestaltet wird. Dies ist mit einer Klemmeinrichtung leicht möglich.

Die Figuren 8 und 9 zeigen schematisch dargestellt Messmethoden beim Ausrichten der Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4 auf den Krümmungsmittelpunkt C. Eine erste Möglichkeit ist durch ein taktilen Messverfahren gegeben, wie in Figur 8 dargestellt ist. Hierbei ist es wichtig, dass die sphärisch ausgebildete Lamelle 4 sehr genau hergestellt wird. Somit kann die Sphäre beispielsweise mit 2 Militrontastern 18 ausmessen werden. Dabei kann der genaue Radius der sphärischen Fläche der Lamelle 4 bestimmt werden. Bei noch dazu richtiger Anordnung der Lamelle 4 im Raum kann somit der Krümmungsmittelpunkt C direkt ermittelt werden. Weiterhin kann anhand dieser Sphäre ein Werkzeug zu einer Referenzebene und zu einer Drehachse ausgerichtet werden. Das Werkzeug besitzt ebenfalls wie die Lamelle 4 eine Kugelform. Die Lamellen 4 werden gegen diese vorgefertigte Form gesetzt und angesaugt oder über andere Befestigungsmethoden gehalten. Danach wird die vorgefertigte Form zu der Referenzebene und zu der Drehlagerachse 6 ausgerichtet. Nach dem Ausrichten können somit die Lamellen 4 anhand des Werkzeuges bzw. der vorgefertigten Form ausgemessen und am richtigen Ort positioniert werden. Der Vorteil der

taktilen Messung ist, dass es mit einem mechanischen Werkzeug leicht umgesetzt werden kann, und dass das mechanische Werkzeug wiederverwendbar ist. Weiterhin ist es im Vergleich zu anderen Messverfahren relativ preiswert.

Figur 9 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines optischen Messverfahrens zum Ausrichten der Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4. Hierbei wird die Lamelle 4 ebenfalls von einer vorgefertigten Form oder Einrichtung gehalten, so dass die Lamelle 4 kippbar bzw. bewegbar ist. Um hier den Krümmungsmittelpunkt C direkt messen zu können, wird in die Lamelle 4 bzw. in das Lager 5 eine kleine Aussparung H in Ausführung eines Loches eingebracht. Mit Hilfe eines Laserstrahles 19, welcher durch die kleine Aussparung H durchtritt, kann auf einem Schirm 20 ein Punkt abgebildet werden. Um den Krümmungsmittelpunkt C zu definieren, ist es notwendig, dass durch alle Lamellen 4 bzw. Drehlager 5 ein Laserstrahl 19 durchtreten muss, um auf dem Schirm 20 Abbildungspunkte zu erhalten. Die Abbildungspunkte sollten möglichst eine kleine Punktwolke ergeben, welche nahe des Krümmungsmittelpunktes C liegt. Bilden alle Abbildungspunkte eine derartige kleine Punktwolke, so ist der Krümmungsmittelpunkt C über das optische Messverfahren ermittelt. Das optische Messverfahren ist gegenüber dem taktilen Messverfahren wesentlich genauer.

Die steifen, vergleichsweise dicken Lamellen 4, welche einzeln gelagert und so im Raum fixiert sind, können auch durch extrem dünne Lamellen 4' ersetzt werden, wie dies in Figur 10 prinzipmäßig dargestellt ist. Hierbei ist es jedoch wichtig, dass die Lamellen 4' geschichtet werden. Bei dieser erfindungsgemäßen Möglichkeit der Ausgestaltung einer Systemblende

1' sind die Lamellen 4' ebenfalls sphärisch in ihrer Krümmung ausgebildet, wobei auch hier wieder Drehlagerachsen 6' von Drehlagern 5' auf den Krümmungsmittelpunkt C der Sphäre ausgerichtet sein müssen. Zur Führung der Lamellen 4' kann ein aus dem Stand der Technik bekanntes Blendensystem vorgesehen sein, welches einen inneren Ring mit einer feststehenden Achse, einen Außenring mit einem Nutenring und Stifte aufweist. Zur Führung der Lamellen 4' ist sowohl der fest stehende Ring als auch der bewegte Nutenring mit einer kugelförmigen Oberfläche versehen. Der Vorteil dieser Ausführung der Systemblende 1' besteht darin, dass eine genauere lichtbestimmende Kante vorhanden ist.

Bei beiden Varianten bzw. Möglichkeiten der Ausführung der Systemblenden 1 und 1' ist eine sehr genaue Einhaltung der Kugelfläche der Lamellen 4 und 4' notwendig. Insbesondere bei der geschichteten Variante nach Figur 10 mit den dünnen Lamellen 4' ist sonst mit nicht tolerierbaren Reibeffekten zu rechnen. Zur Herstellung derartiger Lamellen 4 und 4' eignet sich besonders das Verfahren „Galvanisches Abscheiden“ auf einem Formkörper.

Patentansprüche:

1. Optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Halbleiterlithographie, mit wenigstens einer Systemblende, wobei die Systemblende (1) eine Vielzahl von bewegbaren Lamellen (4,4') aufweist, welche drehbar gelagert sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4,4') eine sphärische Krümmung aufweisen.
2. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf einen Krümmungsmittelpunkt (C) einer Kugel (7) ausgerichtet sind, und wobei die Kugel (7) eine Fläche bestimmt, auf welcher die Lamellen (4,4') gegeneinander bewegbar sind.
3. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) auf zwei sphärischen Flächen (7,7'), deren Krümmungsmittelpunkte (C) identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind.
4. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden sphärischen Flächen (7,7') einen Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, zueinander aufweisen.
5. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) eine hohe Steifigkeit aufweisen.

6. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verdrehung der Lamellen (4) die Lamellen (4) jeweils an der Drehlagerachse (6) mittels Festkörpergelenke (8) drehgelagert sind.
7. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) mittels eines Antriebsringes (10) bewegbar sind, wobei der Antriebsring (10) über Festkörpergelenke (11,11') drehbar um eine optische Achse (3) gelagert ist.
8. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörpergelenke (11,11') als radial steife und in Drehrichtung weiche Festkörpergelenke (11,11') ausgebildet sind.
9. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) jeweils mit einer Lamelle (4) über ein Antriebselement (12) verbunden ist.
10. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebselement (12) mit dem Antriebsring (10) über ein Festkörpergelenk (11') verbunden ist.
11. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) mit dem Antriebselement (12) monolithisch ist.

12. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7, 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) aus einem Material gebildet ist, welches eine hohe Wechsellastfestigkeit aufweist.
13. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebseinheit (10') zur Bewegung der Lamellen (4,4') außerhalb eines Gasraumes (G) angeordnet ist.
14. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass Drehlager (5,5') mit den Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') jeweils in einer Membrane (13) aufgehängt sind, wobei die Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf den Krümmungsmittelpunkt (C) ausrichtbar sind.
15. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausrichtung der Drehlagerachsen (6,6') Stellglieder (15) vorgesehen sind.
16. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehlager (5,5') mit den Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') jeweils an einem Festkörpergelenk (16) aufgehängt sind, wobei die Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf den Krümmungsmittelpunkt (C) ausrichtbar sind.
17. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Festkörpergelenk (16) als Viergelenk ausgebildet ist.

18. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 14, oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass für das Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') taktile oder optische Messverfahren vorgesehen sind.
19. Blende mit einer Vielzahl von bewegbaren Lamellen, wobei die Lamellen (4,4') eine sphärische Krümmung aufweisen und drehbar gelagert sind, wobei Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf einen Krümmungsmittelpunkt (C) einer Kugel (7) ausgerichtet sind, und wobei die Kugel (7) eine Fläche bestimmt, auf welcher die Lamellen (4,4') gegeneinander bewegbar sind.
20. Blende nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4,4') auf zwei sphärischen Flächen (7,7') deren Krümmungsmittelpunkte (C) identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind.
21. Blende nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden sphärischen Flächen (7,7') einen Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, zueinander aufweisen.

1/5

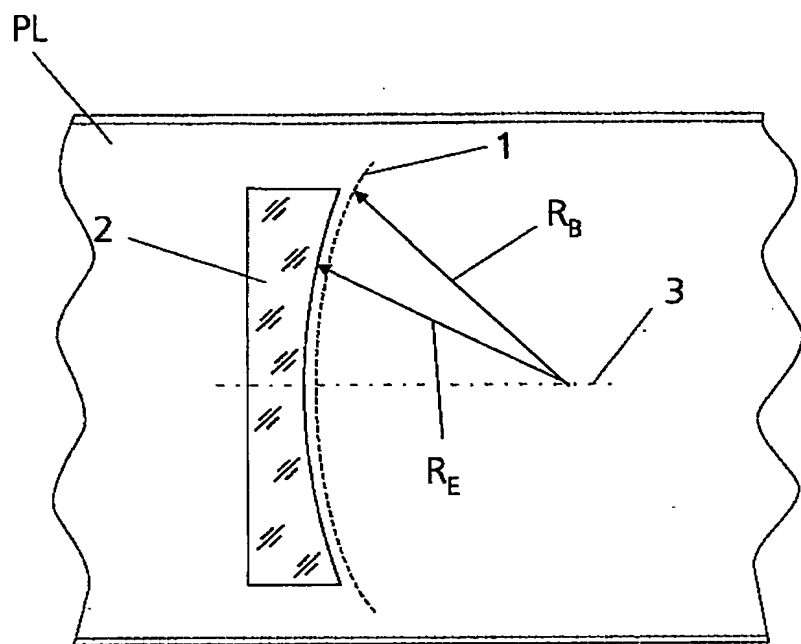


Fig. 1

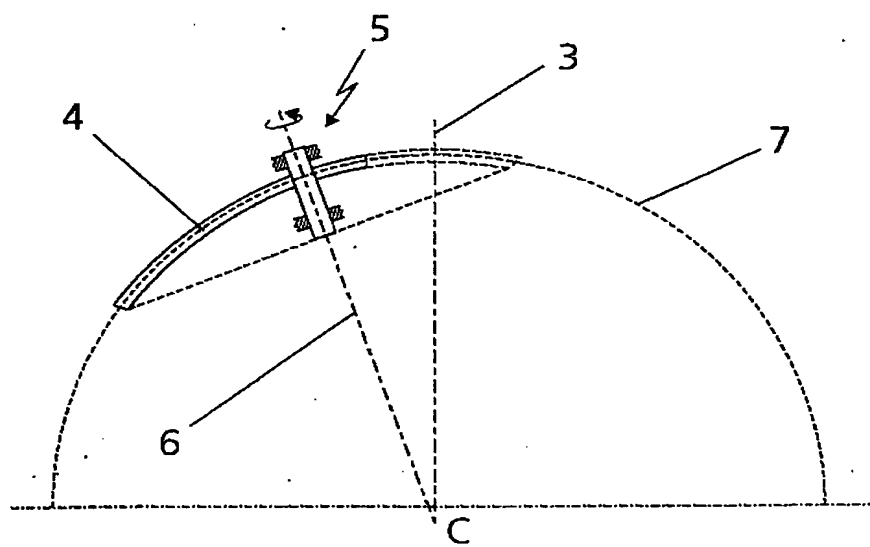


Fig. 2

2/5

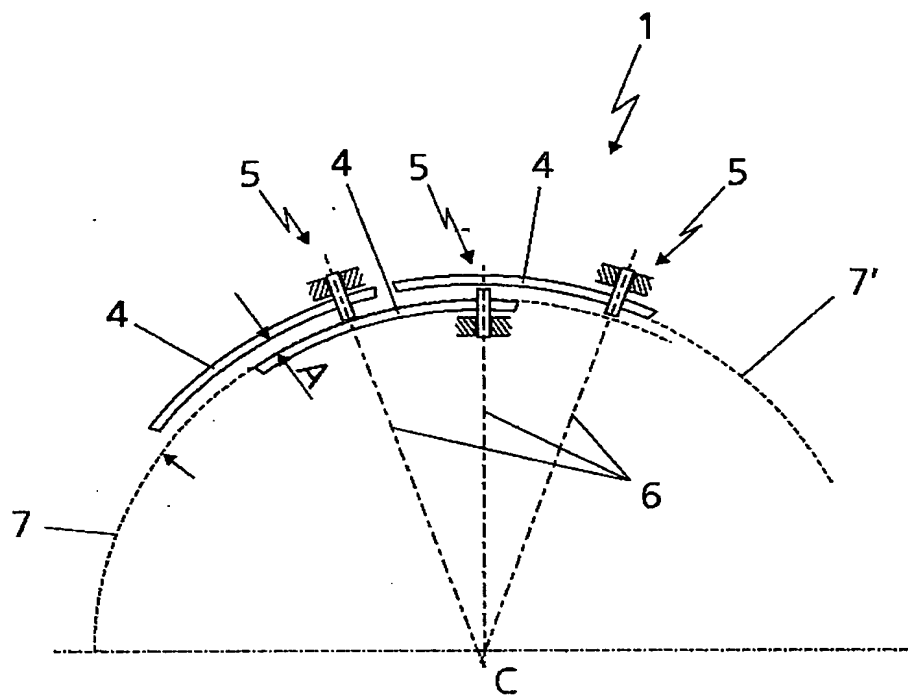


Fig. 3

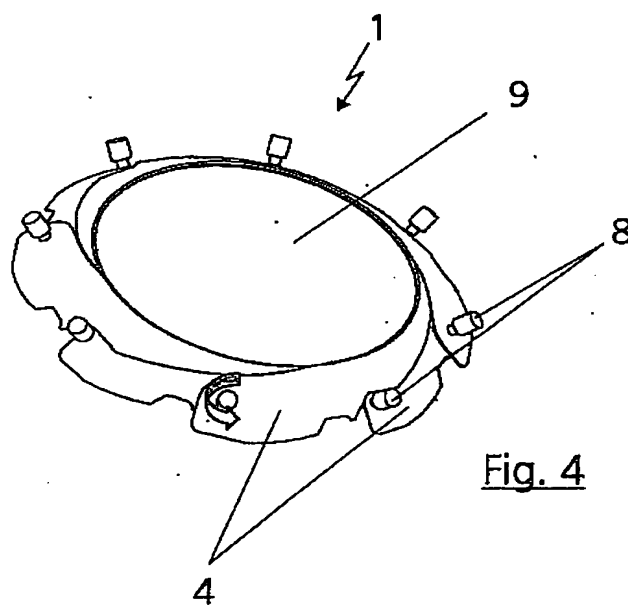


Fig. 4

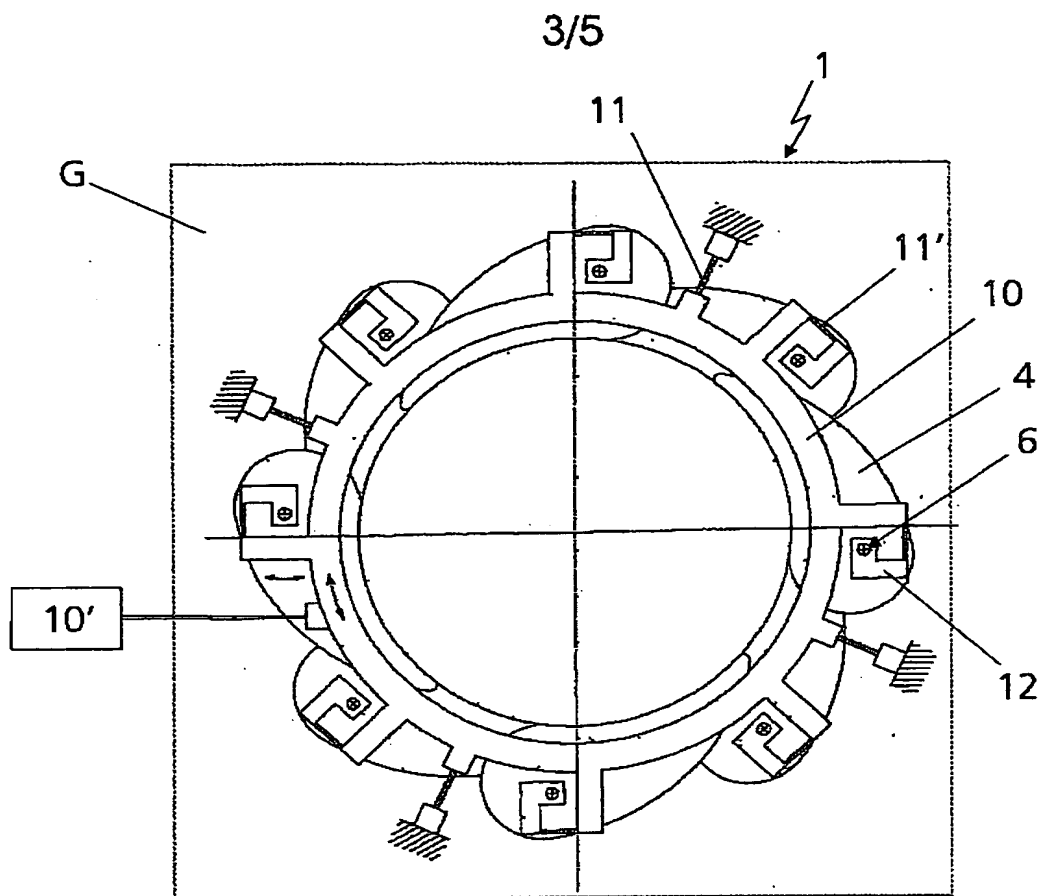


Fig. 5

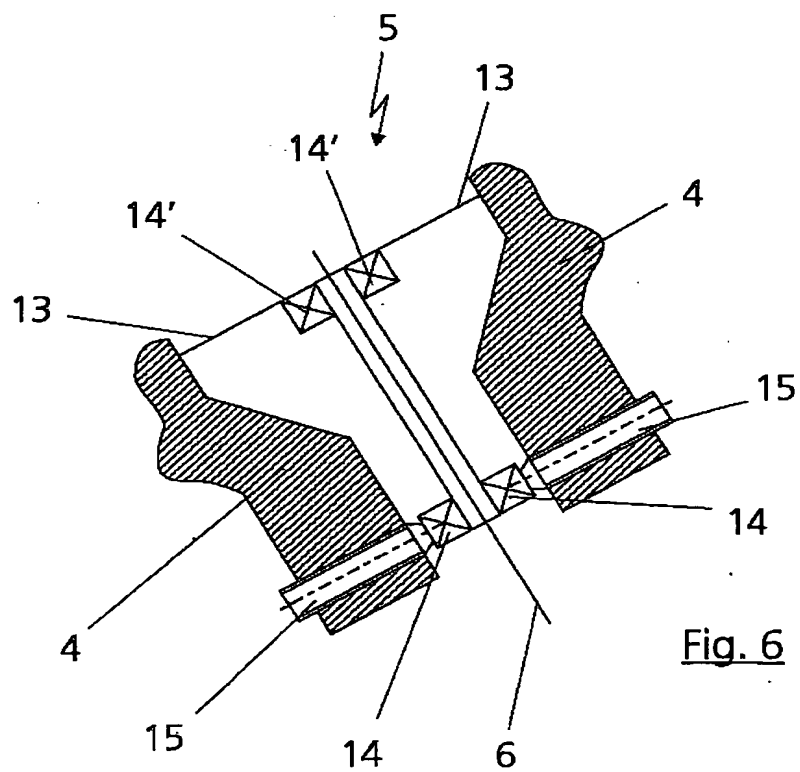
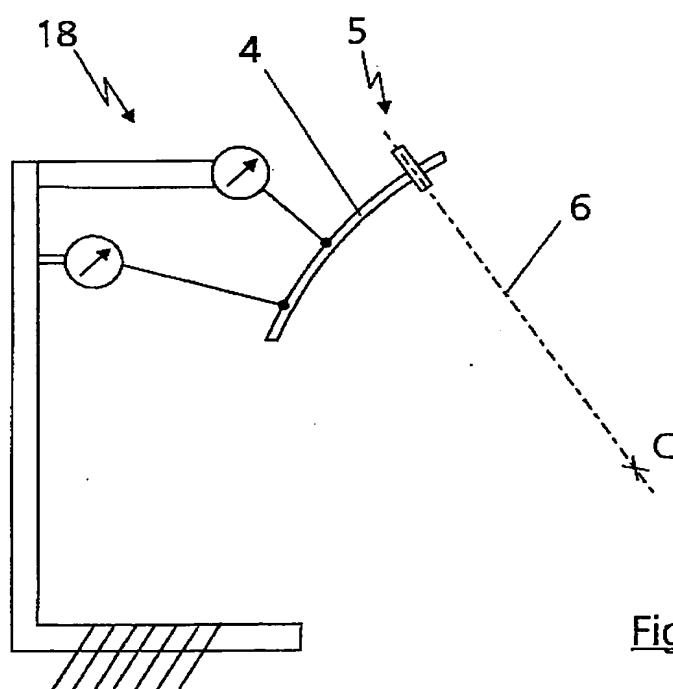
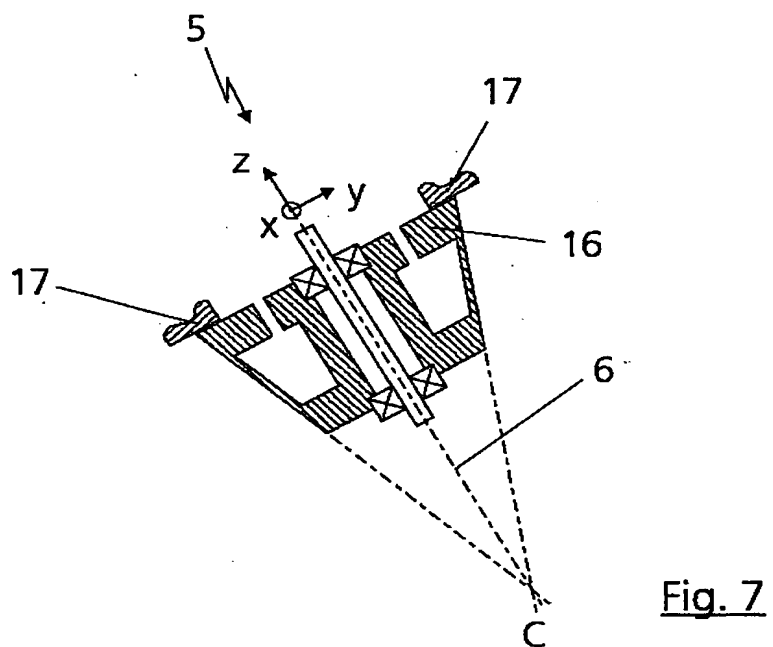


Fig. 6

4/5



5/5

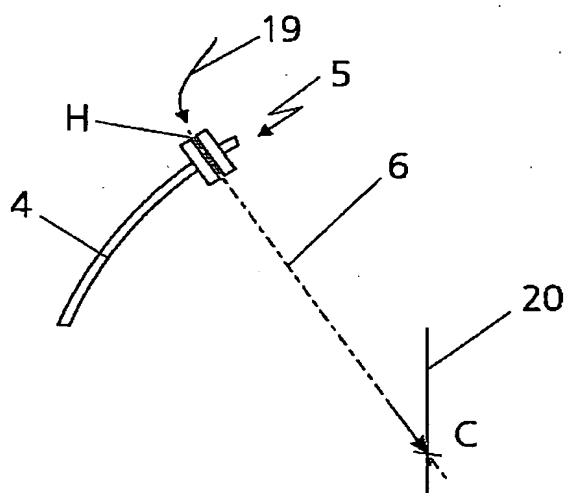


Fig. 9

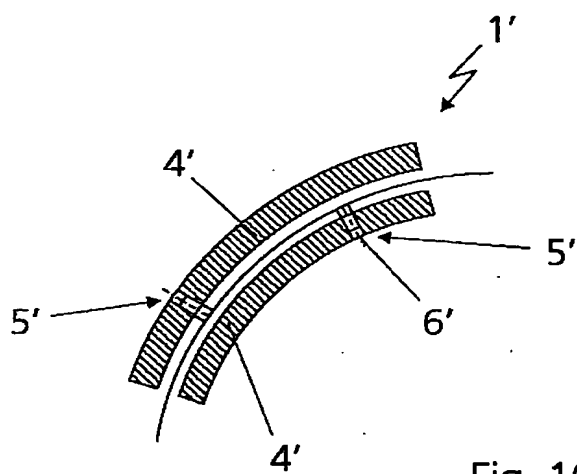


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/007186

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 55 984 A (ZEISS CARL) 23 May 2001 (2001-05-23) cited in the application	1-5
A	abstract column 6, line 35 - line 65 column 3, line 36 - column 4, line 14 figures 1,3	6-18
X	US 4 027 167 A (POLLERMANN MAX) 31 May 1977 (1977-05-31)	19-21
Y	abstract column 8, line 21 - column 9, line 54 claim 1 figures 1-3	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- 'E' earlier document but published on or after the international filing date
- 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- '&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 October 2004

Date of mailing of the international search report

14/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schenke, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/007186

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19955984	A	23-05-2001	DE 19955984 A1	23-05-2001
			EP 1102103 A2	23-05-2001
			JP 2001154235 A	08-06-2001
			TW 460707 B	21-10-2001
			US 6445510 B1	03-09-2002
US 4027167	A	31-05-1977	DE 2431115 A1	15-01-1976
			FR 2276667 A1	23-01-1976
			GB 1510816 A	17-05-1978

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/007186

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 602B5/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 602B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 55 984 A (ZEISS CARL) 23. Mai 2001 (2001-05-23) in der Anmeldung erwähnt	1-5
A	Zusammenfassung Spalte 6, Zeile 35 - Zeile 65 Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 14 Abbildungen 1,3	6-18
X	US 4 027 167 A (POLLERMANN MAX) 31. Mai 1977 (1977-05-31)	19-21
Y	Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 21 - Spalte 9, Zeile 54 Anspruch 1 Abbildungen 1-3	1-5
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. Oktober 2004		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 14/10/2004
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Schenke, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/007186

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 19955984	A	23-05-2001	DE	19955984	A1		23-05-2001	
			EP	1102103	A2		23-05-2001	
			JP	2001154235	A		08-06-2001	
			TW	460707	B		21-10-2001	
			US	6445510	B1		03-09-2002	
<hr/>								
US 4027167	A	31-05-1977	DE	2431115	A1		15-01-1976	
			FR	2276667	A1		23-01-1976	
			GB	1510816	A		17-05-1978	
<hr/>								